ANEJO 21. INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

PROYECTO DE DIGITALIZACIÓN Y SISTEMA DE TELEMANDO REMOTO EN EL CANAL DE ARAGÓN Y CATALUÑA (HUESCA/LÉRIDA).

Documento nº1. MEMORIA Y ANEJOS

Financiado por la Unión Europea
NextGenerationEU

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN

seiasa
SOCIEDAD MERCANTIL ESTATAL DE INFRAESTRUCTURAS AGRARIAS

COMUNIDAD GENERAL CANAL ARAGÓN Y CATALUÑA

PRODIA INGENIERIA

INDICE del ANEJO de INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

1. OBJETO 3

2. EMPLAZAMIENTO 3

3. REGLAMENTACIÓN 3

4. TIPO DE INSTALACIÓN 4

5. INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA 4

5.1. Características generales de las plantas fotovoltaicas 4

5.2. Datos de radiación global 4

5.3. Pérdidas de energía 6

5.4. Energía disponible 6

5.5. Equipos 7

5.6. Instalaciones eléctricas 9

5.7. Instalaciones auxiliares 13

6. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA 14

6.1. Predimensionamiento 14

6.2. Parámetros a tener en cuenta 16

6.3. Dimensionamiento de la instalación 16

6.4. Producción y conclusiones 19

6.5. Dimensionamiento de cableado desde los módulos fotovoltaicos hasta el cuadro eléctrico 20

6.6. Dimensionado de tubos 22

1. OBJETO

El presente Anejo tiene por objeto dimensionar y seleccionar los elementos que conforman la instalación fotovoltaica.

2. EMPLAZAMIENTO

A pesar de que se tienen 402 emplazamientos y con gran dispersión, se va a tomar como punto de referencia, de cara a los datos de temperaturas, radiación, etc. la localidad de Tamarite de Litera, ya que está en el punto intermedio aproximadamente de todas las localizaciones en las que se instalarán las placas junto con el resto de elementos.

Tamarite de Litera es una localidad situada en la provincia de Huesca (Aragón) cuyas coordenadas geográficas son las siguientes:

- Latitud 41º 52´00” N.
- Longitud 0° 26´00” E.
- Altitud 360 m sobre el nivel del mar (m.s.n.m).

3. REGLAMENTACIÓN

Las instalaciones cumplirán con la legislación vigente:

- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (Decreto 842/2002 de 2 de agosto) e Instrucciones Técnicas Complementarias.
- Real Decreto que regula las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y autorización de instalaciones de energía eléctrica (RD. 1955/2000, de 1 de diciembre).
- Real decreto 223/2008, de 15 de febrero, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-LAT 01 a 09.
- Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica.
- Normas UNE y recomendaciones UNESA.
- Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales y Reglamentos que la desarrollan.
- Normas CEI (Comisión Electrotécnica internacional).
- Criterios generales para la elaboración de proyectos de instalaciones eléctricas de baja tensión (Norma UNE 157701).
- Normas particulares de los diferentes estamentos de Industria que sean de obligado cumplimiento.

4. TIPO DE INSTALACIÓN

En cada toma se dispondrá de una instalación fotovoltaica para la alimentación de los equipos eléctricos de la misma. Dicha instalación será del tipo aislada de la red eléctrica.

En el Canal de Aragón y Cataluña hay 410 puntos en los que se dispondrá de instalación fotovoltaica.

Para satisfacer todas las necesidades eléctricas, se ha proyectado instalar una placa de 445 Wp en cada uno de las localizaciones.

Puesto que es una instalación aislada y solo de corriente continua, ya que tanto los elementos de la propia instalación como los consumos se alimentan en corriente continua, no existe la necesidad de instalar inversores.

Todos los elementos de la instalación irán alojados en el interior de una caseta de hormigón que estará situada junto al módulo fotovoltaico.

Todos los receptores a alimentar funcionan a una tensión de 24 V por lo que se utilizará dos baterías de 12 V instaladas en serie.

5. INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

5.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LAS PLANTAS FOTOVOLTAICAS

Los receptores tienen un consumo total diario de 406,08 Wh (toma más desfavorable).

Se ha diseñado una instalación fotovoltaica sobre estructura fija, con orientación Sur y una inclinación de 40º para optimizar la instalación para todo el año, tal y como se comprueba con el programa de diseño de instalaciones fotovoltaicas PVSyst.

Para poder satisfacer las necesidades requeridas se ha proyectado la instalación de un panel solar de 445 Wp por cada punto de consumo.

Dado que los elementos del punto de consumo se alimentan en corriente continua, la electricidad que se produce se acumulará directamente en las baterías. El funcionamiento de las baterías estará controlado con un regulador de la carga.

Puesto que la tensión de funcionamiento de los receptores es la misma que la de generación en el panel fotovoltaico (24 V), no se necesita ningún transformador de tensión.

5.2. DATOS DE RADIACIÓN GLOBAL

El principio de diseño de la instalación fotovoltaica es maximizar la captación de la radiación solar disponible, de tal forma que la curva de producción horaria sea lo más plana posible, esto es, la producción constante y máxima. Como se quiere optimizar la captación de energía a lo largo de todo el año, la inclinación óptima de los paneles solares será aproximadamente el valor de la latitud del emplazamiento de las mismas (40º); utilizando el programa informático PVSyst se comprueba que efectivamente esta inclinación es la que optimiza la captación solar. Además, estará orientada al Sur para maximizar dicha captación a lo largo de todo el año.

Para el cálculo de la instalación, se toma como ubicación Tamarite de Litera, cuyas coordenadas son las siguientes:

- Latitud 41º 52´00” N.
- Longitud 0° 26´00” E.
- Altitud 360 m sobre el nivel del mar (m.s.n.m).

La radiación solar sobre los paneles solares, para estas coordenadas, se obtiene con el programa informático "Photovoltaic Geographical Information System” (PVGIS). Los valores medios diarios de la misma se muestran en el siguiente gráfico:

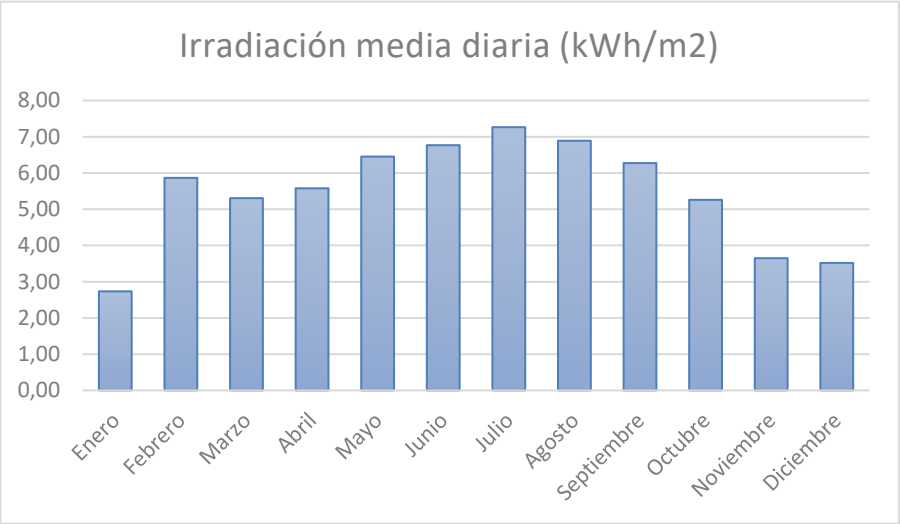


Gráfico 1: Fuente de datos: Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS)

A partir de los datos diarios se puede obtener los datos mensuales:

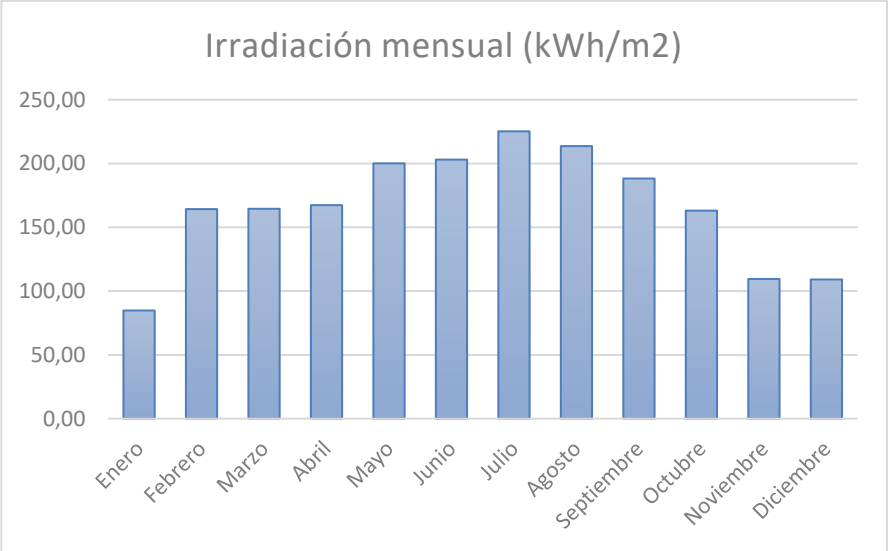


Gráfico 2: Fuente de datos: Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS)

Por lo tanto, el valor de la radiación solar anual que los paneles captarán es de 1.992,69 kWh/m².

5.3. PÉRDIDAS DE ENERGÍA

Las principales pérdidas de energía que se van a tener en cuenta en el dimensionamiento de la instalación son las que se exponen a continuación.

Sombreado

En este caso, el panel fotovoltaico estará colocado sobre un bábulo de 3 m de altura y no hay edificios que le den sombra, por lo que para el cálculo se despreciará los sombreamientos. Por lo tanto, la irradiación solar que llega al panel no se va a ver reducida por sombreado.

Otras pérdidas

Otras pérdidas que hay que tener en cuenta son las siguientes:

- Módulos montados al aire libre: es la pérdida debida a la circulación de aire.
- Factor de pérdidas LID (1%): es la degradación de los módulos en las primeras horas de funcionamiento con respecto a los valores de fabricación.
- Factor de pérdida anual por suciedad (1,5%): es la pérdida que tienen los módulos anualmente a medida que se van esnsuciando y degradando a lo largo del tiempo.

Todas estas pérdidas disminuirán los valores de la energía producida y serán tenidas en cuenta en el dimensionamiento de los paneles solares.

5.4. ENERGÍA DISPONIBLE

Una vez se han tenido en cuenta todos los parámetros citados en párrafos anteriores, la energía producida se calcula con el programa informático PVSyst:

Mes	Energía disponible (kWh)
Enero	44,09
Febrero	52,78
Marzo	70,86
Abril	67,84
Mayo	71,94
Junio	72,36
Julio	76,82
Agosto	76,86
Septiembre	67,41
Octubre	59,10
Noviembre	43,45
Diciembre	38,08

Tabla 1: Fuente de datos: PVSyst

5.5. EQUIPOS

Los principales elementos que componen la instalación fotovoltaica son los siguientes:

- Módulos fotovoltaicos.
- Estructura.
- Baterías y bancada.
- Regulador de carga.

Módulos fotovoltaicos

En cada punto de consumo se instalará una placa solar con una potencia pico de 445 Wp. Las principales características de este panel solar en condiciones STC (AM1.5; 1000 W/m2 a 25ºC) son las siguientes:

- Potencia pico: 445 W.
- Tensión de salida: 1500 V.
- Rango de temperatura: -40ºC ~ +85ºC.
- Tensión en el punto Pmáx-VMP: 41,60 V.
- Corriente en el punto Pmáx-IMP: 10,70 A.
- Tensión en circuito abierto-VOC: 50 V.
- Corriente de cortocircuito-ISC: 11,22 A.
- Peso: 24 kg.
- Dimensiones: 2.000 x 1.000 x 40 mm.
- Tipo de células: Monocristalinas PERC.
- Número de células: 144 (6x24).
- Eficiencia: 20,14 %.

Estructura fotovoltaica

El panel fotovoltaico irá colocado sobre un soporte de aluminio de medidas 2x1 m soldado sobre el báculo o atornillado en la caseta existente.

Los nuevos paneles fotovoltaicos irán colocados encima de báculos de tres metros de altura y 3 mm de espesor de acero galvanizado.

Baterías y bancada

Se instalarán 2 baterías conectadas en serie por cada emplazamiento, lo que harán un total de 820 baterías.

Las baterías proyectadas deben tener las siguientes características principales:

- Dimensiones: 330x171x236 mm.
- Voltaje: 12 V.
- Capacidad: 85 Ah (C_{20}).
- Intensidad de descarga: 4,25 A (I_{20}).
- Peso: 31 kg.

Estas baterías irán montadas sobre una bancada metálica que estará formada por dos rastereles de chapa de acero de 2 mm de espesor y 55 cm de longitud, separados 28 cm aproximadamente, con sistema antirrobo de las baterías, formado por un perfil de las mismas características y dimensiones, en voladizo y apuntalado con un perfil tubular.

Regulador de carga

El regulador de carga es un elemento que irá situado entre las placas y las baterías; su función principal es la de regular el flujo de energía generado en las placas solares, tanto en voltaje como en intensidad. Así se maximiza la vida de la batería ya que se intenta que la recarga de la misma se realice en condiciones óptimas.

En este caso se instalarán 410 reguladores, es decir, uno por emplazamiento, y serán del tipo MPPT, haciendo que las placas trabajen al 100% controlando en todo momento el voltaje y la intensidad de las baterías.

En este caso se va a utilizar reguladores con las siguientes especificaciones principales:

- Tensión de la batería: 24 V.
- Corriente de carga nominal: 20 A.
- Potencia FV nominal (24 V): 580 W.
- Desconexión automática de la carga: Sí.
- Eficiencia máxima: 98%.
- Seguridad: EN/IEC 62109-1, UL 1741, CSA C22.2.

El regulador de carga dispone de protecciones eléctricas frente a sobretensiones y cortocircuitos de los elementos de la instalación.

Además, el regulador de carga dispone de un seguimiento ultrarrápido del punto de máxima potencia (MPPT), un algortimo de carga de batería programable y una función de recuperación de baterías completamente descargadas.

5.6. INSTALACIONES ELÉCTRICAS

Cableado

La corriente continua comprende la interconexión del módulo fotovoltaico y la línea de conexión con las baterías y consumos (pasando por el regulador y cuadro eléctrico). Los conductores que unen el módulo fotovoltaico con el regulador, baterías, consumos y cuadro de protección serán de cobre recocido estañado, unipolares, tensión asignada de 1,5/1,5 kV, tipo H1Z2Z2-K/ ZZ-F (cable específico para instalaciones fotovoltaicas), aislamiento y cubierta exterior de elastómero reticulado de baja emisión de humos y gases corrosivos, en este caso, este cable tiene diversas secciones por lo que se adaptará fácilmente a los requerimientos de la instalación.

Para el cálculo de la sección del cableado se han usado tres métodos:

- Intensidad admisible.
- Caída de tensión.
- Cortocircuito.

Se han juntado el primer y tercer criterio, como se puede ver en el capítulo de cálculos justificativos para así saber directamente la tensión que en condiciones normales recorrerá la instalación y sacar directamente una sección qye cumpla ambos criterios y así evitar posteriores incumplimientos por parte del criterio de cortocircuito.

Para el caso de la caída de tensión, esta no superará el 3% de la tensión para sistemas aislados (IDAE), siendo la recomendación de dicho organismo que sea en torno al 1%, por lo tanto, se quiere estar lo más cerca posible de este último valor.

Luego, la sección finalmente seleccionada es de 1x4 mm2 ya que cumple los 3 criterios que se acaban de mencionar y está cerca de la recomendación dada por el IDAE, teniendo 2 cables unipolares de 1x4 mm2.

Tubos

Debido a que el cableado que se acaba de mencionar estará expuesto tanto a las condiciones climatológicas como a otras situaciones adversas porque se ha escogido uno especial fotovoltaico para exteriores, para mantener unidos dichos cables y darles un extra de protección, se ha decidido protegerlos con tubos flexibles de PVC reforzado con un diámetro exterior de 16 mm.

Cuadro de potencia y control aislados

En cada punto de control (emplazamiento) existe un armario eléctrico con unas dimensiones de 1.000 x 600 x 300 mm (Alto x Ancho x Profundo), IP66, de chapa de acero y pintura RAL 7035, necesario para dar servicio a las infraestructuras que se pretenden controlar. En dicho armario, aparte de estar el propio cuadro eléctrico, también se encontrarán las 2 baterías y el regulador.

Los cuadros eléctricos dispondrán de los circuitos necesarios para alimentar y gestionar el funcionamiento de todos los elementos instalados en cada punto de control. Se establecerán en cabecera las protecciones que exige el reglamento en protecciones contra sobretensiones transitorias (ITC-BT-23) y sobreintensidades (ITC-BT-22) con su correspondiente elemento de corte omnipolar. En este caso, el corte omnipolar se produce abriendo exclusivamente el circuito de corriente continua proveniente de la instalación generadora. El resto de protecciones magnetotérmicas responderán a la misma configuración, siendo las pertenecientes al circuito de potencia de 2 A y las del circuito de control de 1 A. Por otro lado, al ser instalaciones con funcionamiento a 24 Vdc, no se establecen requisitos frente a contactos indirectos. En el mismo cuadro, se instalará todo el sistema de control previsto.

La protección de cabecera prevista es la siguiente:

- Interruptor magnetotérmico 1P 20 A para uso en corriente continua. Este interruptor dispondrá de contacto auxiliar para monitorizar su estado.

Circuitos de potencia

Todos los circuitos de potencia, previstos en este tipo de punto de control tendrán una tensión de funcionamiento de 24 Vcc.

En todos estos puntos de control se dispondrá de un circuito de mando a 24 Vcc. Este circuito de mando será compartido por todos los actuadores (y sus respectivas resistencias calefactoras), cámaras de vigilancia y reserva presentes en el punto de control. Se proyecta el empleo de un interruptor magnetotérmico 1P 2 A para uso en aplicaciones de corriente continua para proteger dicho circuito.

Actuadores

Estos equipos dispondrán de resistencia calefactora (incluidas en los actuadores) a 24 Vcc. La maniobra de las mismas se efectuará interconectando las entradas discretas presentes en el actuador accionándose desde la botonera del cuadro eléctrico o desde el propio sistema de control, dependiendo del estado de los selectores previstos. El tiempo de duración de la maniobra será acorde a los resultados obtenidos en el estudio del régimen transitorio.

Para una potencia prevista total de 24 W, la intensidad circulante por el circuito será de aproximadamente 1 A, por lo que se dispondrá de las siguientes protecciones:

- Un interruptor magnetotérmico 1P de 1 A de uso en aplicaciones de corriente continua, para su protección contra sobrecargas y cortocircuitos.
- Un interruptor magnetotérmico 1P de 1 A de uso en aplicaciones de corriente continua, para la protección contra sobrecargas y cortocircuitos de la resistencia calefactora asociada al actuador.

Circuitos de control

Los circuitos de control se alimentarán directamente desde el acumulador previsto. Para ello se dispondrá una protección común de 1P 1 A para aplicaciones de corriente continua, como protección de cabecera para los siguientes circuitos:

- Autómata de control. Equipos industriales para la automatización de los puntos, regulando su funcionamiento en base a las medidas de los parámetros hidráulicos fundamentales de diseño del sistema, actuando y monitorizando los equipos presentes en cada punto de control.
- Sistema de comunicaciones (router). Equipos destinados a la comunicación de información y órdenes entre los puntos de control y el centro de control.
- Regulador de carga. Equipos de reguladoción de la carga que va hacia la batería.

Puesta a tierra

Las puestas a tierra se establecen principalmente con objeto de limitar la tensión que, con respecto a tierra puedan presentar en un momento dado las masas metálicas, asegurar la actuación de las protecciones y eliminar o disminuir el riesgo que supone una avería en los materiales eléctricos utilizados.

Mediante la instalación de puesta a tierra se deberá conseguir que en el conjunto de instalaciones, edificios y superficie próxima del terreno no aparezcan diferencias de potencial peligrosas y que, al mismo tiempo, permita el paso a tierra de las corrientes de defecto o las de descarga de origen atmosférico.

Las disposiciones de puesta a tierra pueden ser utilizadas a la vez o separadamente, por razones de protección o razones funcionales, según las prescripciones de la instalación.

La elección e instalación de los materiales que aseguren la puesta a tierra deben ser tales que:

- El valor de la resistencia de puesta a tierra esté conforme con las normas de protección y de funcionamiento de la instalación y se mantenga de esta manera a lo largo del tiempo, teniendo en cuenta los requisitos generales indicados en la ITC-BT-24 y los requisitos particulares de las Instrucciones Técnicas aplicables a cada instalación.
- Las corrientes de defecto a tierra y las corrientes de fuga puedan circular sin peligro, particularmente desde el punto de vista de solicitaciones térmicas, mecánicas y eléctricas.
- La solidez o la protección mecánica quede asegurada con independencia de las condiciones estimadas de influencias externas.
- Contemplen los posibles riesgos debidos a electrólisis que pudieran afectar a otras partes metálicas.

Los conductores de cobre utilizados como electrodos serán de construcción y resistencia eléctrica según la clase 2 de la norma UNE 21.022.

El tipo y la profundidad de enterramiento de las tomas de tierra deben ser tales que la posible pérdida de humedad del suelo, la presencia del hielo u otros efectos climáticos, no aumenten la resistencia de la toma de tierra por encima del valor previsto. La profundidad nunca será inferior a 0,50 m.

Los materiales utilizados y la realización de las tomas de tierra deben ser tales que no se vea afectada la resistencia mecánica y eléctrica por efecto de la corrosión de forma que comprometa las características del diseño de la instalación.

Las canalizaciones metálicas de otros servicios (agua, líquidos o gases inflamables, calefacción central, etc.) no deben ser utilizadas como tomas de tierra por razones de seguridad.

Dado que todos los elementos de los puntos que se están proyectando no están conectados a la red eléctrica y funcionan todos a 24 Vcc no estarán conectados a la red de tierras.

En cuanto a la monitorización de toma, según el Reglamento de Baja Tensión, con picas de acero cobrizado de 14,3 mm de diametro y 2 m de longitud, 3 m de cable de cobre desnudo de 35 mm2, unido mediante soldadura aluminotérmica. Incluye registros de comprobación y puente de prueba.

Monitorización y control

Para el control y monitorización de la instalación se va a instalar en cada uno de los puntos una CPU compacta cuyas especificaciones técnicas se han indicado en el PPT del presente proyecto, con módulos de 16 entradas/salidas digitales y módulos de 4 entradas analógicas.

A su vez, también se instalará un router de aplicaciones industriales cuyas especificaciones técnicas se han indicado en el PPT del presente proyecto, con 64 mb de RAM.

Con el fin de poder controlar la lectura de 2 variables muy importantes como pueden ser el nivel y el caudal de agua circulante, se van a instalar medidores con especificaciones técnicas se han indicado en el PPT del presente proyecto, con una IP68 y una antena 2G/4G M2M. Este medidor tendrá 4 entradas digitales para un contador estándar y 2 entradas analógicas para los captadores de presión.

Para poder controlar todos los puntos (410 ud) se instalará un sistema centralizado SCADA de telecontrol.

5.7. INSTALACIONES AUXILIARES

Instalación de seguridad e intrusión

Con el fin de poder observar de forma remota el estado físico de la instalación se ha proyectado la instalación de un sistema de videovigilancia.

Según lo dispuesto se proyecta la instalación de cámaras digitales de vigilancia tipo domo de 360º cuyas especificaciones técnicas se han indicado en el PPT del presente proyecto, con lente gran angular, antivandálica (IK 10), grado de protección IP66, de 4 MP, colocada en báculo existente, con iluminación de infrarrojos y parasol, con unidad de procesamiento de aprendizaje profundo.

Vallado

Se dispondrá de vallado perimetral de la zona afectada de la parcela en la que se ubicará la planta fotovoltaica. Este vallado se realizará mediante cerramiento de postes de tubo de acero galvanizado en caliente de 5 cm de diámetro y 2,35 m de altura, a 5 m de separación, empotrados y anclados mediante hormigón 30 cm en el terreno y guarnecidos con malla galvanizada simple torsión 50 mm de paso de malla y diámetro de 1,80 m, de 2 m de altura.

La puerta de dicho vallado tendrá un paso de 70 cm y una altura de 2 m.

6. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

6.1. PREDIMENSIONAMIENTO

Potencia de la instalación

Las principales características de la placa solar a utilizar son:

- Potencia nominal: 445 W.
- Tensión de salida: 1500 V.
- Rango de temperatura: -40ºC ~ +85ºC.
- Tensión en el punto Pmáx-VMP: 41,60 V.
- Corriente en el punto Pmáx-IMP: 10,70 A.
- Tensión en circuito abierto-VOC: 50 V.
- Corriente de cortocircuito-ISC: 11,22 A.
- Peso: 24 kg.
- Dimensiones: 2.108 x 1.048 x 40 mm.
- Tipo de células: Monocristalinas PERC.
- Número de células: 144 (6x24).
- Eficiencia: 20,14%.

Consumos previstos

Para tener un correcto dimensionamiento de la instalación eléctrica se escogerá el emplazamiento que tenga un mayor consumo para poder asegurar que se satisfarán todas las necesidades. Se van a homogeneizar los consumos en uno tipo para así estandarizar los elementos a instalar en todas las localizaciones.

Los consumos previstos se muestran en la siguiente tabla:

Equipo	Intensidad (mA)	Voltaje (V)	Tiempo uso al día (h)	Potencia (W)	Energía (Wh)
Regulador de carga	10,00	24,00	24,00	0,24	5,76
sensor de Nivel tipo Radar	22,00	24,00	24,00	0,53	12,67
Cámara de Vigilancia	250,00	24,00	8,00	6,00	48,00
Router	290,00	24,00	24,00	6,96	167,04
Actuador (y resistencia calefactora) de compuertas (máximo 10 ud/toma)	1000,00	24,00	0,40	24,00	96
PLC	100,00	24,00	24,00	2,40	57,60
Reserva	33,00	24,00	24,00	0,79	19,01

Tabla 2: Consumos previstos

Como se puede ver en la tabla anterior la suma total de la potencia que se consumirá es de 40,92 W, que traducido en energía será de 406,08 Wh.

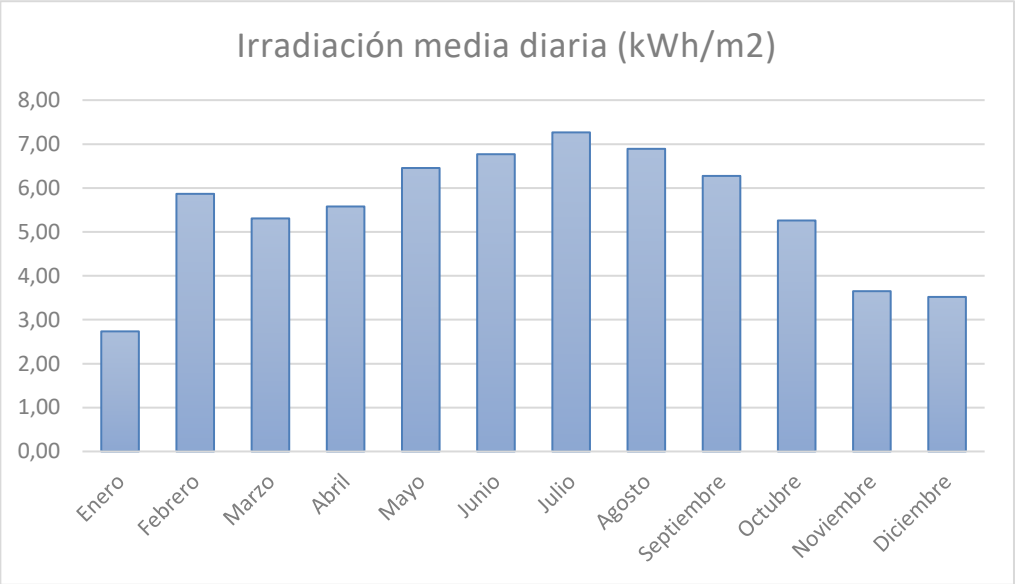
Radiación en la zona

La radiación que incidirá sobre las placas en el lugar en el que se instalarán es un parámetro muy importante ya que en función de dicho valor (entre otros) se sabrá la cantidad de energía que el usuario final podrá obtener.

A efectos prácticos se ha decidido tomar como referencia la localidad de Tamarite de Litera, en la provincia de Huesca, cuyas coordenadas son las siguientes:

- Latitud 41º 52´00” N.
- Longitud 0° 26´00” E.
- Altitud 360 m sobre el nivel del mar (m.s.n.m).

Una vez sabidas dichas coordenadas, se pueden sacar los datos relativos a la radiación incidente en la zona mediante el programa informático "Photovoltaic Geographical Information System, en adelante PVGIS". Dichos valores se muestran en la siguiente gráfica:



Gráfica 3: Fuente de datos: Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS)

Autonomía de la instalación

Dado que es una instalación que está totalmente aislada de la red eléctrica nacional debido a los tipos de consumos que se tienen (mostrados anteriormente) y unido a las variaciones climatológicas, hacen que sea imprescindible instalar baterías con una autonomía de aproximadamente 3 días para así tener un cierto margen para cualquier situación anómala, como puede ser climatológica o tener un mayor consumo puntual.

6.2. PARÁMETROS A TENER EN CUENTA

La energía que se producirá depende de los siguientes parámetros:

- Lugar de instalación (latitud, radiación solar, temperatura y reflectancia superficial del frente de los módulos).
- Exposición de los módulos: ángulo de inclinación (alttitud) y ángulo de orientación respecto al Sur (azimut).
- Sombreado debido a elementos naturales o artificiales.
- Características de los módulos: potencia nominal, coeficiente de temperatura, pérdidas de desacoplamiento o desajuste.
- B.O.S. (Balance Of System).

Las pérdidas que se van a tener en cuenta en estas instalaciones son las siguientes:

- Pérdidas de sombreado 0%.
- Factor de pérdida constante Uc: 29,0 W/m^2K.
- Fracción pérdida en STC: -1,5%.
- Caída de voltaje a través del diodo en serie: 0,7 V.
- Pérdida de eficiencia módulo: -0,8%.
- Factor de pérdidas LID: -1%.
- Pérdida de potencia MPP: -2%.
- Factor de pérdida anual: -1,5%.

6.3. DIMENSIONAMIENTO DE LA INSTALACIÓN

Con los datos principales, se realiza un cálculo inicial para conoce el número de elementos a instalar y posteriormente introducir en el software PVSyst y obtener los datos de producción de energía, radiación, energía sobrante/faltante, etc.

Baterías

Como se ha mencionado ya, se van a instalar baterías con los siguientes parámetros:

- Voltaje (V): 24 V.
- Autonomía (N): 3 días.
- Profundidad de descarga de las baterías (P_d): 70%.

Introduciendo estos datos en la siguiente expresión se obtendrá la capacidad del banco de baterías (C) en Ah:

$$C = \frac{E \cdot N}{V \cdot P_d}$$

Se obtiene una capacidad es de 72,51 Ah.

Las baterías proyectadas tienen las siguientes características principales:

- Dimensiones: 330x171x236 mm.
- Voltaje: 12 V.
- Capacidad: 85 Ah (C_{20}).
- Intensidad de descarga: 4,25 A (I_{20}).
- Peso: 31 kg.

Autonomía del sistema fotovoltaico

Teniendo como referencia el dato obtenido en el apartado anterior, se ha decidido instalar 2 baterías en serie de 85 Ah cada una, lo que utilizando este dato y otros que se van a mencionar ahora en la siguiente expresión, saldrá la autonomía del sistema:

$$N = \frac{V \cdot P_d \cdot C}{E}$$

Siendo,

- N=días de autonomía del sistema.
- C=Capacidad del banco de baterías que tendrá un valor de 85 Ah (dos baterías en serie).
- E=Consumo energético real/día (Wh), que tendrá un valor de 406,08 Wh.
- V=Voltaje (V), que tendrá un valor de 24 V.
- P_d=Profundidad de descarga de las baterías (%), que tendrá un valor del 70%.

Con todo esto sale que la autonomía del sistema es de 3,52 días.

Selección del número de placas a instalar

El número de placas a instalar se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$$N_p = \frac{E}{W_p \cdot HPS}$$

Siendo,

- N_p=Número de placas a instalar por instalación.
- E=Consumo energético real diario (Wh), cuyo valor es de 406,08Wh.
- W_p=Potencia pico de las placas solares (W_p), que tendrá un valor de 445 W_p.
- HPS=Horas Pico Solar de la zona (horas), en este caso para Tamarite de Litera tendrá un valor de 3,6 horas.

Se necesitará instalar 0,25 placas, es decir, 1 placa por punto de consumo. Esto hará que la capacidad de energía que se puede guardar a lo largo del día en las baterías es muy elevada por lo que fácilmente se tendrá una reserva para cuando no se pueda producir energía.

Se colocará un regulador de carga por cada placa solar instalada, y sus principales especificaciones son las siguientes:

- Tensión de la batería: 24 V.
- Corriente de carga nominal: 20 A.
- Potencia FV nominal (24 V): 580 W.
- Desconexión automática de la carga: Sí.
- Eficiencia máxima: 98%.
- Seguridad: EN/IEC 62109-1, UL 1741, CSA C22.2.

Suponiendo que las baterías descargadas al 70%, el tiempo necesario para cargarlas totalmente suponiendo que se tienen días estandar de 3,6 HPS, con las siguientes expresiones se tendrá dicho tiempo de carga.

Primero la intensidad proporcionada por el panel (I_{panel}):

$$I_{panel} = \frac{W_p}{V}$$

Siendo,

- W_p=Potencia de las placas solares (W_p), que serán de 445 W_p.
- V=Voltaje (V), que serán 24 V.

Con todo metido se tendrá una intensidad de 18,54 A.

Después se calcula la energía proporcionada por el panel:

$$E_{panel} = HPS \cdot I_{panel}$$

Como los datos ya se tienen, se tendrá una E_{panel} de 66,75 Ah.

Acto seguido se puede sacar los Ah que son necesarios al día se si divide la energía que se consume (406,08 Ah) entre el voltaje (24 V) y sale que se necesita al día 16,82 Ah.

Por lo tanto, haciendo la diferencia entre la energía que proporciona el panel y la que se necesita diariamente se obtendrá la energía que se usará para cargar la batería diariamente, que es de 49,93 Ah.

Siguiendo con el razonamiento lógico, la energía que se podrá almacenar en las 2 baterías (85 Ah) teniendo en cuenta la profundidad de descarga (70%) se tendrá una capacidad de 59,5 Ah.

Con lo cual, si se divide dicha capacidad total entre la energía que se tendrá para cargar la batería se tendrá el tiempo necesario para poder tener totalmente cargadas las baterías, que es de 1,19 días.

6.4. PRODUCCIÓN Y CONCLUSIONES

Una vez se tienen todos los datos que se acaban de mostrar y se meten en el programa informático PVSyst junto con otros valores que tiene dicho software por defecto se pueden obtener una serie de datos relevantes que se van a mostrar en la siguiente tabla:

Mes	Energía utilizada (kWh)	Necesidades (kWh)	Energía sobrante batería (kWh)	Déficit de Energía (kWh)	Energía disponible (kWh)	Pérdida de Energía (kWh)
Enero	12,65	12,65	30,18	0,00	44,09	1,26
Febrero	11,42	11,42	40,56	0,00	52,78	0,80
Marzo	12,65	12,65	57,51	0,00	70,86	0,70
Abril	12,24	12,24	54,94	0,00	67,83	0,65
Mayo	12,65	12,65	58,6	0,00	71,94	0,69
Junio	12,24	12,24	59,46	0,00	72,36	0,66
Julio	12,65	12,65	63,5	0,00	76,83	0,68
Agosto	12,65	12,65	63,53	0,00	76,85	0,67
Septiembre	12,24	12,24	54,51	0,00	67,41	0,66
Octubre	12,65	12,65	45,76	0,00	59,09	0,68
Noviembre	12,24	12,24	30,57	0,00	43,45	0,64
Diciembre	12,65	12,65	24,93	0,00	38,08	0,50

Tabla 3: Fuente de datos: PVSyst

Del estudio y análisis de la tabla anterior se concluye:

- La instalación cumple bien su función ya que en ningún momento falta energía y se cubren las necesidades de los puntos de consumo.
- En la batería siempre habrá energía remanente para posibles incidencias.
- Cumple la autonomía prevista.

6.5. DIMENSIONAMIENTO DE CABLEADO DESDE LOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS HASTA EL CUADRO ELÉCTRICO

Una vez ya se han calculado los elementos principales es hora de dimensionar el cableado que une la placa fotovoltaica con el cuadro, que es donde estará el regulador y a su vez las baterías (todos dentro de un armario).

La distancia que se va a suponer desde la placa a dicho cuadro será de 5 metros ya que dicho armario estará al lado del módulo.

La designación del cable a utilizar es H1Z2Z2-K tipo ZZ-F, que es un tipo de cable específico para instalaciones solares y que está diseñado según el estándar europeo EN 50618 y el estándar internacional IEC 62930. Este tipo de cable supera los ensayos medioambientales, mecánicos, químicos y de fuego.

Para comprobar si un conductor es válido en un tramo determinado, hay que comprobar que cumple 3 requisitos y coger el requisito que sea más restrictivo.

En caso de no cumplir uno de ellos se buscará otra sección que sí que los cumpla.

Criterio por intensidad máxima admisible

En este caso, se puede juntar este criterio con el de cortocircuito ya que se va a partir de la intensidad de cortocircuito del módulo fotovoltaico escogido (11,22 A) en condiciones STC al igual que el resto de datos principales del dicho módulo.

Como el circuito estará en el exterior, se colocará en el interior de un tubo para protegerlo de las condiciones climatológicas, por lo tanto, a la hora de catalogarlo en una sección de la tabla 4 de la IEC 62548, sería la B1.

El siguiente paso a dar es establecer cuales son los valores de corrección de la intesidad:

- Corrección por acción solar (UNE 20434, pto. 3.1.2.1.4): 0,9.
- Corrección por temperatura en intemperie de 50ºC (UNE-HD 60364-5-52, tabla B.52.14): 0,9.
- Corrección agrupamiento (tabla 4 de la IEC 62548): 1 (solo hay un circuito).
- Corrección por instalación fotovoltaica generadora (IEC 62548): 1,4 (mayoración del 40%).

Por lo tanto, la intensidad admisible que se tendría en este tramo sería de:

$$Iadm = \frac{11{,}22 \cdot 1{,}4}{0{,}9 \cdot 0{,}9 \cdot 1} = 19{,}39\ A.$$

Una vez conocida la intensidad admisible y la de cortocircuito se puede obtener la sección que debe tener el cable para quedar protegido.

A partir de la tabla C.52.3 de la UNE-HD 60364-5-52, y sabiendo que el método de instalación es un B1 (bajo tubo) y el conductor es monofásico con un aislamiento de XLPE, se obtiene una sección mínima de 1,5 mm2 (intensidad máxima admisible de 20 A).

Dado que la intesidad admisible es muy parecida a la intensidad máxima de la seción escogida, con el fin de poder intercalar protección entre la intensidad máxima de la instalación y la intensidad máxima admisible del cable se va a aumentar la sección escogida a 2,5 mm2.

Se incrementará la sección a 4 mm2 ya que es una sección mucho más común y por lo tanto comercial en cuanto a cableado fotovoltaico, por lo que a la hora de encontrar compatibilidades de conectores y otros elementos se considera la mejor opción.

Criterio por caída de tensión

Una vez se sabe la sección que se obtiene en el tramo que se está instalando (mediante 2 de los 3 criterios) se va a verificar que dicha sección también cumple el criterio de caída de tensión del 3% que hay entre los paneles y el regulador que marca el IDAE (aunque la recomendada es del 1%).

Luego también este mismo organismo establece una caída de tensión máxima de 1% entre el regular y las baterías, pero en este caso, dado que estarán al lado esto último se va a despreciar.

Siguiendo la siguiente expresión se sacará la caída de tensión para una sección de 4 mm2:

$$\Delta V = \frac{2 \cdot L \cdot I}{S \cdot Y}$$

Siendo,

- L=Longitud del tramo, que en este caso son 5 metros.
- I=Intensidad circulante, que en este caso es 10,70 A.
- S=Sección, que en este caso son 4 mm2.
- Y=Conductividad del cobre, que es de 45,5 m/(Ω/mm2). Este es un valor a 90ºC por ser un cable termoestable.

Con estos valores se obtiene una caída de tensión del 1,39%, que es inferior al 3% obligado y cerca del 1% que realmente se recomienda tener en el recorrido descrito.

Criterio por intensidad de cortocircuito

Realmente este criterio estaba implícito en el criterio de intensidad admisible, ya que como se ha dicho en dicho apartado, se ha partido de la intensidad de cortocircuito del panel seleccionado y se le han aplicado ciertos coeficientes reductores por las condiciones a las que estaría expuesto. Así pues, cumple también con este criterio.

Por lo tanto, superando los 3 criterios principales para la selección de cableado, el conductor a usar será unipolar de 1x4 mm2 H1Z2Z2-K tipo ZZ-F. Se necesitarán 2 conductores de este tipo.

6.6. DIMENSIONADO DE TUBOS

Como los cables van a ir protegidos en el interior de tubos, se cumplirá lo especificado en la ITC-BT-21.

A partir de la tabla 2 de dicha Instrucción Técnica y sabiendo que se tendrán 2 conductores unipolares de 4 mm2, se obtiene que el tubo a instalar tendrá un diámetro exterior de 16 mm.

Sección nominal de los conductores unipolares (mm^2)	Diámetro exterior de los tubos (mm)				
	Número de conductores				
	1	2	3	4	5
1,5	12	12	16	16	16
2,5	12	12	16	16	20
4	12	16	20	20	20
6	12	16	20	20	25
10	16	20	25	32	32
16	16	25	32	32	32
25	20	32	32	40	40
35	25	32	40	40	50
50	25	40	50	50	50
70	32	40	50	63	63
95	32	50	63	63	75
120	40	50	63	75	75
150	40	63	75	75	--
185	50	63	75	--	--
240	50	75	--	--	--

Tabla 2 de la instrucción Técnica ITC-BT-21